

焙煎機の構造について

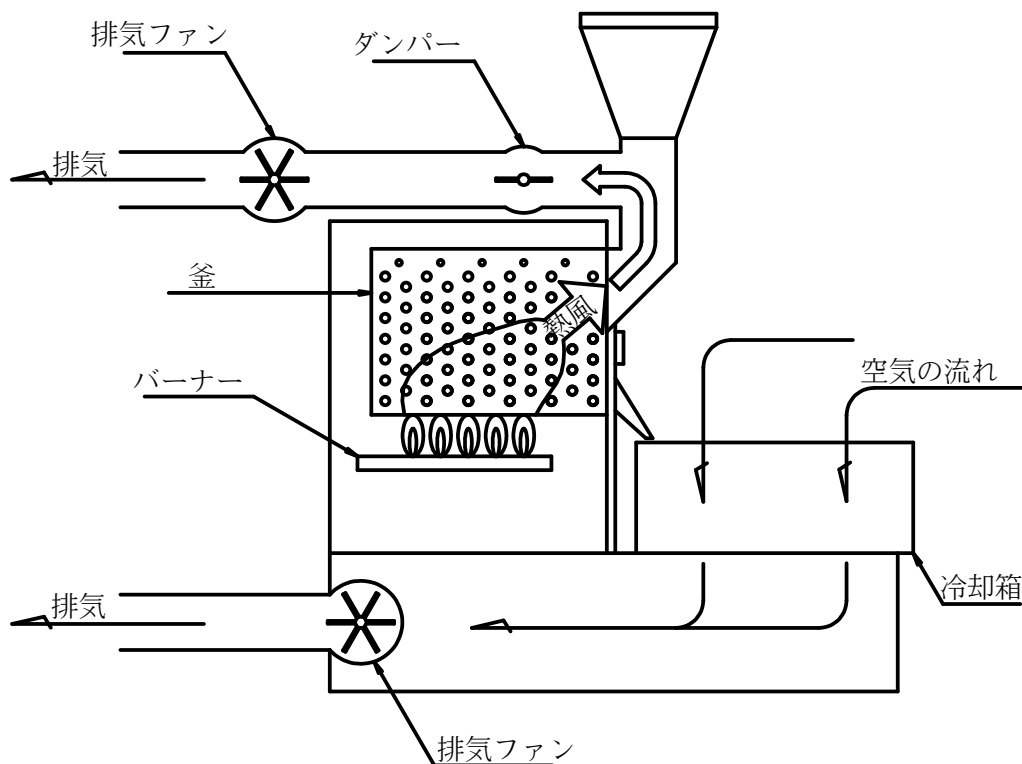
一般的に小型ドラム式焙煎機（容量10kg以下）の形式は直火式、半熱風式、熱風式の三つに大別することが出来ます。この分類は、主に釜とバーナーの位置関係を表したもので、従来からの呼称ですが基本的な構造はほぼ同じです。

直火式焙煎機の構造

釜はパンチ穴が明いた鉄板（ $\phi 4\text{mm}$ 位の穴で開口率が30%前後の鋼板、通称はパンチングメタル。JISに規格がないのでメーカーで名称や基準が違う）を円筒に製缶したもので、その真下にバーナーが配置されています。

釜とバーナーとの距離も比較的近く、年代物には炎を直接豆に当てる様に焙煎を行う機械もあります。

バーナーは、ブンゼン式と呼ばれる大気圧バーナーが一般的で、旧式の焙煎機には鋳鉄製の配管にピンホールやスリット（溝）の入ったパイプバーナーが多く採用されています。火力の調節はガス圧で行います。



この直火式は古くから「豆の個性をよく表現する」と言われ主流をなしてきたものです。

しかし、この表現は評価基準が曖昧な時代の価値観を、客観的な比較検証が行なわれないまま伝承されて来たように思われます。

現実には煎りムラや焦げ目が出やすく、豆の芯まで熱を通すのが難しい焙煎機です。ムラや芯残りが出やすい原因は熱の伝わり方にあります。

豆の表面に直接炎を当てるような直火式は、伝熱の原理からすると「対流」が主になります。

豆が熱源である炎に触れたり、近すぎたりすると、豆の表面だけが一気に温度上昇します。

表面の温度が高温になり、熱源に近い温度になれば（表面が焦げれば）熱源と豆表面の温度差が小さくなり、熱は伝わりにくくなります。

仮に、炎の先端が 300℃、豆の表面も 300℃では熱は豆に移動できません。他の料理で例えれば【鯉のたたき】のように表面だけ焼けて、中は生のままの状態を作ります。（熱の移動には温度差が必要です）

もちろん、そのような調理法が適している料理もありますが、コーヒーの生豆に限れば、ニュークロップのように水分含有量の多い豆は芯残りしやすく焙煎を難しくさせます。これらは直火式の構造上避けられない問題です。

しかし、バーナーの火力変化を敏感に伝えられるので、その特性を生かした個性的な焙煎を可能にします。（そこにこだわる方もいます）

その状況でも直火式の傾向を十分考慮して、芯残りのしない火力設定で操作する必要があります。いずれにしても、熟練には時間がかかる形式です。

最近では、この問題を改善しようと釜は直火のまま、バーナーを離して、火力だけを上げる改造もあるようですが、距離を離せば離すほど、従来の直火式の特徴は失われ、熱風式の要素が大きくなり、熱効率も悪くなります。

熱風式焙煎機の構造

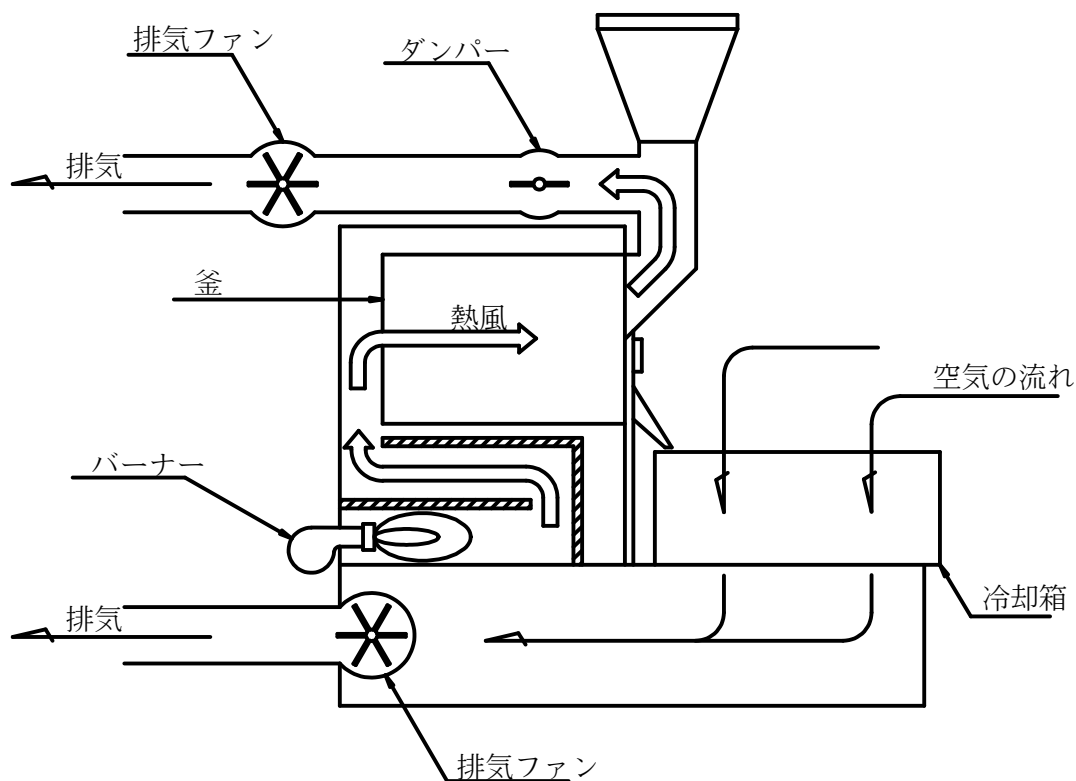
バーナーは釜から離れた位置にあって、送風と共に熱風を釜に送り込んで焙煎を行います。

そのため、釜は穴の明いていない鉄板を円筒に製缶したものです。熱風を送り込む構造のため、外観は従来のドラム式焙煎機としての型をなす必要がなくなり、デザイン性のある機械も見られます。

大手ロースターが採用する焙煎機もこのタイプのもので、一度に大量の焙煎をしなければならない工業用として、大型化を可能にしています。

バーナーは、専用のファンを装備したガンタイプのもやプレミックス式バーナーが多く、火力の調節は風量で行うため燃焼量の大きいものまで許容しています。(ガス圧で表示されないので視覚的に火力が解り難い)

機種によっては、排気された熱をもう一度バーナー室に循環させて、熱効率を上げると共に、燃料のランニングコストを軽減させるタイプもあります。



バーナーの持つ熱量（エネルギー）が高いので、高温の熱風を送ることが可能で、焙煎時間はおのずと短縮されます。

店頭で注文を受けて即座に焙煎するオン・デマンド方式のお店もあり、ここでは少量タイプ的高速熱風焙煎機が設置され、鮮度を売りにしたコーヒーが提供されています。

このように高温の熱風を直接豆に当てる焙煎も、伝熱の原理からすると「対流」が主になります。

釜に送られる熱エネルギーは熱風だけが頼りになるので、火力コントロールと送風制御は精度のあるものが要求されます。

また、高速焙煎の場合は、一般的に送られる熱風の温度が高いため、豆の表面だけを急激に熱風の温度に近づけてしまい、熱が中まで入りにくい状況を作ります。

これは直火式で指摘した原因と同じ現象です。短時間で高速焙煎を行いたい場合でも、火力は過激にならないように注意が必要です。

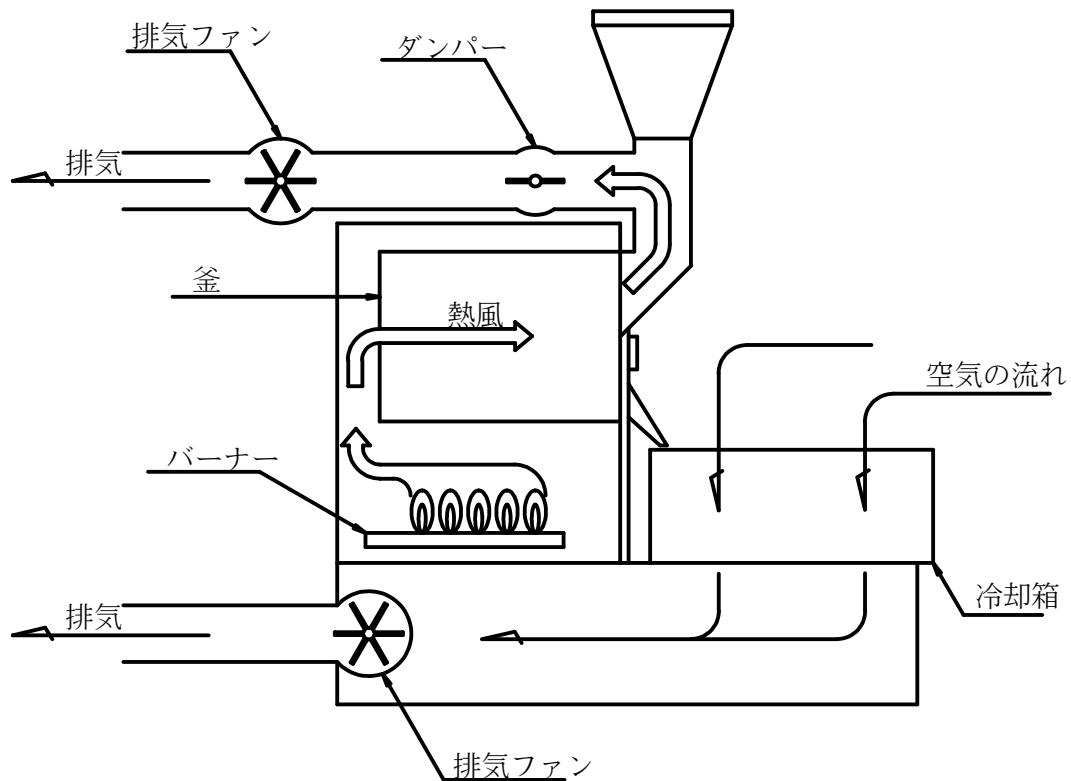
半熱風式焙煎機の構造

基本的な構造は直火式と同じですが、豆を入れる釜は熱風式のように、穴の明いていない鉄板を円筒に製缶したものです。

下からバーナーで釜を加熱しながら同時に背面から熱風を送り込む構造です。半熱風式と呼ばれる由縁は、この直火式と熱風式の特徴を併せ持ったところからです。

釜とバーナーの位置関係は、従来の直火式よりも離れた位置にあります。

バーナーは縦型の混合管を装備したブンゼン式（大気圧バーナー）や、セラミックの焼結板を装備した輻射バーナーなどが採用されています。火力の調節はガス圧で行います。



伝熱の原理からすると、釜内面からの「伝導」と熱風の「対流」が主になり、釜本体の「蓄熱」も組み合わせると、複合的な熱の伝わりになります。

一番の特徴は、加熱された「釜の蓄熱」を利用できる点にあります。これはオーブンなどの加熱方法と同じ理屈になり、送られる熱風と釜の攪拌とが相乗した間接的な熱の伝わり方です。火力変化には穏やかな反応になります。

釜の攪拌と回転が良好であれば、豆を釜の内面から浮かせ拡散させるような動作になり、伝導による直接的な過熱を抑え、豆の表面温度を過激にしません。そのため焦げることが抑えられ、熱が入り易い環境を作ります。

しかし、釜の攪拌や回転が不適で、豆が釜の内面に触れている時間が長くなるような回転をする釜は、伝導伝熱の方が大きくなり豆の表面だけが加熱される弊害も出てきます。

半熱風式もまた、直火式や熱風式と共通した問題を抱えています。従って、焙煎機の形式や特徴を論じるのは単純ではなく、**根本的な構造を理解した上で、形骸化した固定概念に囚われない比較検証**が出来るか否かになります。

熱が伝わる方式には「伝導」「対流」「放射（輻射）」の三つの方式がありますが、単独ではなくこれらの方式が組み合わさった状態で熱が伝わります。

また、熱は高い方から低い方にしか伝わらない。自然界でエネルギーが流れる向きは本質的に一方通行である、という熱力学の概念も重要な考察要素です。

- ・伝導伝熱とは、物（物体）などの媒体を移動して熱が伝わること。
- ・対流伝熱とは、液体や気体などの媒体を移動して熱が伝わること。
- ・放射（輻射）伝熱とは、伝導の媒体を必要とせず熱が伝わること。

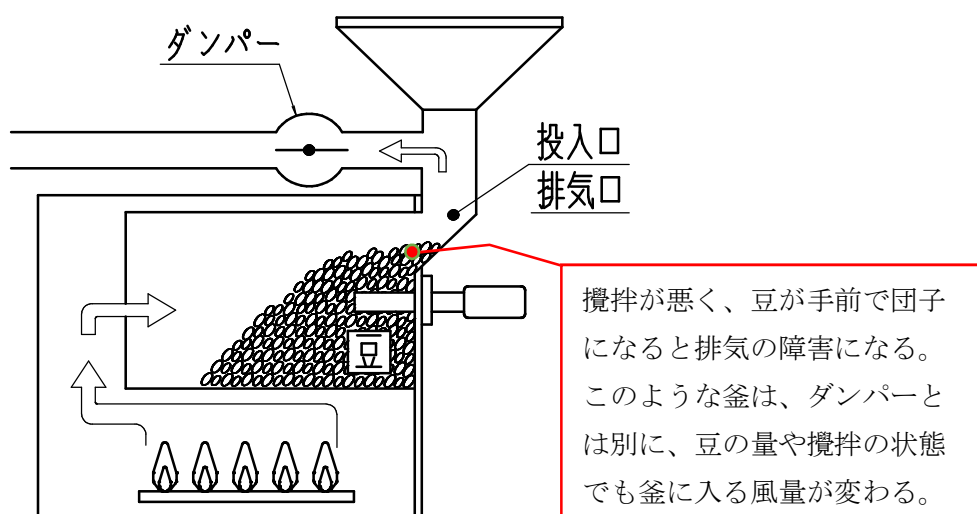
釜の構造

根本的な問題として、内面に羽根が付いた釜が回転していても、投入した生豆が均一に攪拌されているとは限らない場合があります。（機種にもよる）

釜の構造（条件）は、フルバッチの生豆を投入しても手前に押され団子状にならず均一な攪拌が出来ること。そうでなければ熱も均等に伝えられません。

小型ドラム式の焙煎機は、生豆の投入口と排気口が併用になっているタイプが多いので、豆が手前に押されて団子状になると伝熱の不均衡に加えて排気の障害にもなります。（釜の内部は熱風が通り抜ける負圧の状態）

更に、釜の長さが有効に生かされないのでバーナーも均等に当たらず、フルバッチが焼けないという現象も発生します。（下の図）



焙煎機によっては釜の回転を可変できる機能を備えている機種もあります。

釜の中に熱を入れるのは、送風機の送風と排気筒の煙突効果が相乗するものです。釜の回転を変え豆の攪拌状態を変えると、釜を通り抜ける熱風の抵抗値（負圧状態）が変わるので、ダンパー開度が同じでも風量が変化します。それに伴って釜に入る熱量が変わり、連動して焙煎の状況も変わります。

煎り止めのポイントは確実に広がりますが、攪拌の状況が目視できないままコントロールするので、適正を掴むには試作を繰り返す必要があります。

いずれにしても、釜の性能は「いかに熱を伝えられるか」が要点です。バーナーとの位置関係、火力調整の有効性、攪拌の均一性が考慮された設計が必要になります。また、操作性は排気筒の設置状況にも左右されます。

焙煎 = 生豆に適切に熱を加えること（豆を燃焼させる過程の酸化反応）



直火式とか半熱風式とかの形式はそのための手段

焙煎機は、形式に関わらず共通した問題点を抱えており、熱の伝わり方を理解し、それをどのようにコントロールしていくのかがすべてになります。結果的に、形式の違いが出るような焙煎は上手な焙煎とはいえません。

どんなに品質が良いとされるスペシャルティコーヒーでも「最終的にコーヒー独自の香味は焙煎によって創造されるもの」です。（珈琲大全から引用）都合よく「生豆の品質が先にありき」とはならない。

「カップの良し悪し」は、生かすも殺すも適正な焙煎ができた結果で問われる最終的な課題です。生豆の品質（格付）に問題がなくても、焙煎がダメならすべてを台無しにします。

テロワールの重視も生豆の時点ではなく、焙煎後の結果によるものです。

カップングには一律の評価シートがありますが、官能評価された点数が生豆の品質をそのまま表現しているのか、焙煎で歪められているのかは曖昧なままです。（評価シートにおける色目の識別は焙煎の適正を判断していない）

焙煎の過程を正確に見極め、適正な煎り止め（味づくり）が出来るかどうかは個人の技能に寄るところが大きく、その手順や技法には多様性がある。そのため、焙煎は一律に規定することが出来ません。

個人的な技能の他にも、焙煎機の機種や設置条件、作業環境など個々に特殊な制約があり、焙煎を客観視すれば主観的な要素が多いことが解ります。

結果的に焙煎機による香味の違いは、一般的に伝承される「形式」の特徴より設置や環境、技能格差によるものの方が大きい。焙煎機はあくまで道具であり、それをいかに使いこなすかで傾向が決まります。

従って、同じ生豆でも、本焙煎で他人が行う焙煎と自分が行う焙煎では、香味の評価が分かれる場合がある。カップリングでの点数は暫定的なものです。

これらは結果的に良い場合と、悪い場合がありますが、焙煎人は終生このジレンマと向き合うこととなります。（暗黙知は是か非か）

スペシャルティという規格は生豆だけではなく、それを扱う者がいかにスペシャリストであるか、ということも同時に要求されます。

それは生豆の品質に始まり、焙煎技術、抽出、カップリング評価までの作業を一連のプロセスと見なし、それぞれの段階で客観的な判断が出来て、内容確認や見直しを行いながら継続的なレベルアップに繋がられる「感性」が必要になります。

資料提供：(株) 大和鉄工所

出展・参考書籍

- ・「珈琲大全」「スペシャルティコーヒー大全」 田口護 著 発行：NHK出版
- ・「燃焼工学」 小林清志、他 2名共著 発行：理工学社